

Capítulo 7 Propiedades Físicas-Mecánicas de aglomerados de envases multicapas**Chapter 7 Physical-Mechanical properties of multilayer packaging agglomerates**

ENRÍQUEZ-PÉREZ, Ma. Angeles*†¹ & ROSALES-DAVALOS, Jaime²

¹*Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Departamento de Ingeniería en Materiales*

²*Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Departamento de Ingeniería Mecatrónica*

ID 1^{er} Autor: *Ma. Angeles, Enríquez-Pérez* / **ORC ID:** 0000-0002-2280-0661, **Research ID Thomson:** H-9399-2018

ID 1^{er} Coautor: *Jaime, Rosales-Davalos* / **ORC ID:** 0000-0002-9059-6093, **CVU CONACYT ID:** 812961

DOI: 10.35429/H.2021.11.117.122

M. Enríquez & J. Rosales

*angelenriper@gmail.com

A. Ledesma (Coord.) Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Handbooks-TX-©ECORFAN-México, 2021.

Abstract

In this article the physical and mechanical properties are evaluated: water absorption and swelling in agglomerates; made with multi-layer packaging (EM) and reinforced with low density polyethylene (LDPE) and polyethylene terephthalate (PET) in a 90:10 ratio. If the agglomerate is reinforced, it has an increase in weight; therefore, it improves its physical and mechanical properties, due to the fact that there is a greater interaction between the materials, obtaining more compact agglomerates. For the characterization of the material, the ASTM D 1037-12 and NMX-C-013-1978 standards were used. Agglomerates reinforced with PET and LDPE absorb moisture between 15 and 16% and present a volumetric variation of 4.4 and 4.9%; therefore, they can be used both indoors and outdoors. Those of EM, can only be used indoors, because they absorb between 8.9 to 18%. In the compression test, the agglomerates exceeded the minimum value accepted in the standards, therefore, they present adequate technological characteristics for the manufacture of particulate agglomerates

Agglomerates, Physical properties, Density

1. Introducción

Un aglomerado se define como un material compacto compuesto por fragmentos o partículas de distintos materiales (madera, cuarzo, asfalto, melanina) prensados, su cohesión se logra mediante el uso de resinas, cola u otro material. El tipo de composición depende del uso al que está destinado (Badila, y otros, 2014, Akkus, Akbulut, & Candan, 2019). Si el aglomerado es elaborado de madera o desechos de esta, el consumo de madera y adhesivos sintéticos para su fabricación incrementa cada año en todo el mundo (Álvarez, Capanema, Rojas, & Gañán, 2009).

Por eso, se busca trabajar con procesos y productos amigables con el medio ambiente; distintos investigadores han propuesto una variedad de productos con los que se pueden elaborar los aglomerados (Laemsak & Okuma, 2012, Rangel, Moreno, Trejo, & Valero, 2017), que posean las mismas o mejores propiedades. Una de las propiedades que se quiere modificar en los aglomerados es su respuesta al agua; al estar en contacto con ella estos tienden a hincharse, perdiéndose sus propiedades y su utilidad, por eso algunos autores refuerzan los aglomerados, con otros materiales.

En algunos estudios, han encontrado que independiente del tiempo de inmersión, el incremento de la densidad del aglomerado produce una disminución en la absorción de agua cuando son reforzados (Rocha, Lehmann, & Sidney, 1974, Moreno, y otros, 2005). Al obtener un mayor contacto entre las partículas, se produce una disminución en la porosidad del aglomerado y menor cantidad de espacio vacío entre partículas y adhesivo es formado, lo que impide la penetración del agua e indican que la facilidad de absorción de agua está en función de la relación de compresibilidad del aglomerado, eficiencia del adhesivo y la facilidad de penetración del fluido (permeabilidad) por los espacios existentes entre partículas. Relaciones de compresibilidad bajas permiten al aglomerado absorber más humedad en comparación con tableros con alta tasa de compresibilidad (Durán, 1981, Peredo & Torres, 1991, Moreno, y otros, 2005).

Los tableros encolados con adhesivo de melanina, no son aptos para uso a la intemperie (Peredo & Torres, 1991); una exposición prolongada a la humedad lleva a la ruptura de los enlaces que forman la adhesión entre los grupos activos de la madera (partículas) y el adhesivo, afectando sus propiedades físico-mecánicas. Un calor excesivo también produce una degradación química del fraguado de la resina, por lo que, típicamente los tableros son enfriados rápidamente luego de finalizado el ciclo de prensado (Stark, Cai, & Carll, 2010)

Por eso, en este trabajo se propone la obtención de aglomerados con el reciclaje de envases multicapas, los cuales están formados por seis capas, constituidas por cartón, polietileno y aluminio, cuando el material es calentado, el polímero (polietileno) actúa como aglutinante lo que permite que los materiales interactúen entre sí y formen una matriz homogénea, son reforzados con PEBD o PET y se analiza la influencia de estos polímeros sobre las propiedades físicas y mecánicas de los aglomerados.

1. Metodología

Para obtener los aglomerados, se recolectaron envases multicapa (EM), polietileno de baja densidad (PEBD) y polietilentereftalato (PET) posconsumo, se lavaron y secaron a temperatura ambiente. Con un molino se tritura la materia prima, hasta obtener un tamaño de partícula de 5 mm de los EM y un 1 cm del PEBD y PET. Los aglomerados reforzados fueron con una proporción 90:10. La materia prima se coloca dentro de un molde con dimensiones de 23 x 12.5 x 5 cm, el cual funciona como placa calefactora para el termoformado, controlada por un sistema de control diseñado en el software Labview. La trituradora y la placa calefactora se diseñaron y construyeron en el Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán. En el termoformado se obtienen aglomerados bajo las siguientes condiciones de operación: tiempo de calentamiento 60 min, presión 4 toneladas de compresión axial a 180°C; después el aglomerado se enfría a temperatura ambiente y se extrae. El procedimiento descrito, ya se ha reportado previamente (Enríquez Pérez, Rosales Davalos, López Ramirez, & Castrejon Sanchez, 2017)

Las propiedades físico-mecánicas se realizaron usando la Norma NMX-C- 013-1978 “Paneles de yeso para muros divisorios, plafones y protección contra incendio” y ASTM D 1037-12 Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.

2. Análisis de Resultados

En la tabla 1, se muestra la densidad de los materiales obtenidos, son livianos, al reforzarlos hay un aumento de peso; pero son más compactos (ver figura 1).

Tabla 1 Densidad de los aglomerados

Aglomerado	Densidad Kg/m ³
EM	580
EM-PEBD	651
EM-PET	700

Fuente: Elaboración Propia

Figura 1 Apariencia de los aglomerados

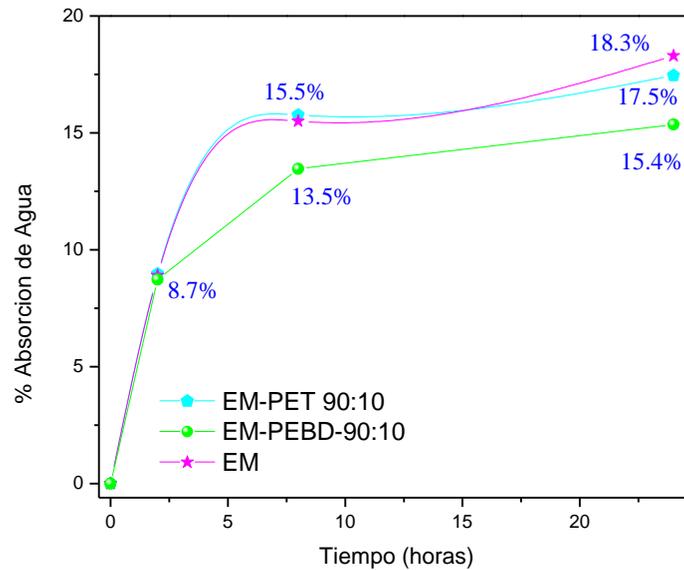


Fuente: Elaboración Propia

Cuando la densidad del aglomerado aumenta, se produce una disminución en la absorción de agua cuando son reforzados con partículas. Debido a que se tiene un mayor contacto entre las partículas y el material, se produce una disminución de porosidad y menor cantidad de espacio vacío entre partículas y material, lo que impide la penetración del agua (Gaitán, Fonthal, & Ariza C., 2016).

Las pruebas de hinchamiento y absorción de agua se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D 1037. Estas dos variables están relacionadas, a mayor humedad incrementa las dimensiones del aglomerado. Las dimensiones y el peso de los aglomerados se tomaron en un tiempo de 2, 8 y 24 h de inmersión en agua.

En la figura 2, se muestra la evolución de absorción de agua en función del tiempo. Los aglomerados independientemente, de su composición a las dos horas absorben prácticamente la misma cantidad de agua aproximadamente el 8.7%, conforme pasa el tiempo tienen un comportamiento distinto.

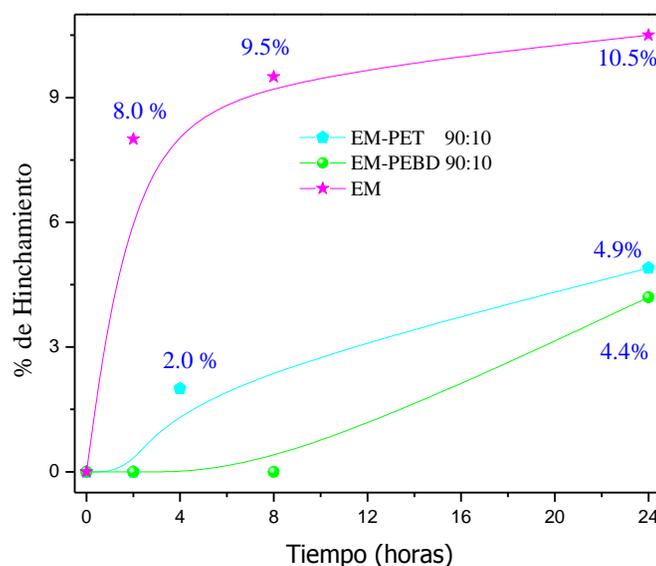
Figura 2 Porcentaje de absorción de agua

Fuente: Elaboración Propia

El aglomerado de EM absorbe un 18.3 %. Cuando se refuerza con un polímero, disminuye la absorción del agua; con PET absorbe 17.5% y con PEBD un 15.4%. Los aglomerados cumplen con la norma ASTM D 1037, ya que menciona que el material puede tener una absorción entre el 25 a 60% entre 2 y 24 horas, respectivamente.

Según Volcuende, cuando el contenido de humedad en los aglomerados se encuentra por debajo de la saturación de las fibras, solo hay cambio en el peso, conservando su volumen constante (Volcuende, Parra, & Benlloch, 2005).

Los materiales obtenidos no llegan a la saturación (absorción mayor del 30%), en la figura 3, se muestra que el cambio volumétrico en función del tiempo.

Figura 3 Porcentaje de hinchamiento

Fuente: Elaboración Propia

Según la norma la variación no debe ser mayor al 6% y 15 % a 2 y 24 horas, respectivamente. Cuando el aglomerado contiene EM, no cumple la norma en su totalidad, a las dos horas absorbe el 8% arriba de la norma, pero a las 24 hrs cumple con la variación del espesor, con un valor del 10.5%. cuando se reforzó PET y PEBD los valores obtenidos están dentro de los parámetros de la norma. Por lo que se pueden usar los aglomerados tanto en exterior e interior. Aunque los de EM solo podrían usar en los interiores.

En la tabla 2, se muestran los resultados del ensayo de compresión.

Tabla 2 Ensayo de compresión de los aglomerados

Fuerza	Aglomerados		
	EM	EM-PET	EM-PET
MPa	48	32	34.1
KN	14.95	51.2	54.6

Fuente: Elaboración Propia

Los aglomerados obtenidos poseen una buena resistencia en la deformación, tienen una zona elástica prolongada, al ser sometidos a una carga no muestran rompimiento al contrario poseen memoria de forma, al quitarles la carga después de media hora retornan a sus dimensiones originales (ver figura 3).

Figura 4 Apariencia del bloque después de someterlo al ensayo de compresión



Fuente: Elaboración Propia

Los aglomerados independientes de su composición son: ignífugos, hidrofóbicos; pueden ser: cortados, lijados, soportan taquetes, tornillos y clavos. Además, se les puede dar un acabado final a través de pintura.

Conclusiones

Se obtuvieron aglomerados de EM particulados con PET y PEBD con una proporción 90:10; al reforzar el material con un polímero, mejora la compactación e integración entre los materiales. Aunque aumenta la densidad, se produce una disminución en la absorción de agua, con una variación volumétrica baja (4.5%). Por lo que pueden ser usados en exteriores e interiores, ya que cumplen las especificaciones de las normas.

Los aglomerados son ecológicos, no generan residuos y se contribuye a la disminución de desechos sólidos urbanos.

Referencias

Akkus, M., Akbulut, T., & Candan, Z. (2019). Application of electrostatic powder coating and wood composite panels using a cooling method. Part 1: investigation of water intake, abrasion, scratch resistance, adhesion strength . *Bioresources*, 9557-9574.

Álvarez, C., Capanema, E., Rojas, O., & Gañán, P. (2009). Desarrollo de tableros aglomerados auto-enlazados a partir de fibra de la vena central de la hoja de plátano. *Prospect*, 69-74.

Badila, M., Jocham, C., Zhang, W., Chmidt, T., Wuzella, G., Müller, U., & Kandelbauer, A. (2014). Powder coating of veneered particle board surfaces by hot pressing. *Progress in Organic Coatings*, 1547-1553.

- Durán, J. (1981). Utilización de los aclareos de las especies de la plantación de Caparo para tableros aglomerados de partículas. *Laboratorio Nacional de Productos* , 77.
- Enríquez Pérez, M., Rosales Davalos, J., López Ramirez, R., & Castrejon Sanchez, V. (2017). Aprovechamiento de residuos de envases multicapas para la elaboración de aglomerados. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 27-31.
- Gaitán, A., Fonthal, F., & Ariza C., H. (2016). Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de *Pennisetum purpureum schum*, *Philodendron longirrhizum* y *Musa acuminata*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 5.11.
- Laemsak, N., & Okuma, M. (2012). Development of boards made from oil palm frond II: Properties of binderless boards from steam-exploded fibers of oil palm frond. *Journal of Wood Science* , 322-326.
- Moreno, P., Duran, J., Garay, D., Valero, S., Shakespeare, T., & Nieto, R. (2005). Utilización de la madera de *Fraxinus americana* (fresno) en la fabricación de tableros de partículas. *Revista Theoria*, 57-64.
- Peredo, M., & Torres, E. (1991). Fabricación de tableros de partículas con desechos industriales. *Bosques*, 49-57.
- Rangel, L., Moreno, P., Trejo, S., & Valero, S. (2017). Propiedades de tableros aglomerados de partículas fabricados con maderade *Eucalyptus urophylla* . *Maderas. Ciencia y tecnología*, 373 - 386.
- Rocha , B., Lehmann, W. F., & Sidney, R. (1974). How Species and Board Densities Affect Properties of Exotic Hardwood particleboards. *FOREST PRODUCTS JOURNAL*, 37-45.
- Stark, N., Cai, Z., & Carll, C. (2010). Wood-based composite materials panel products, gluedlaminated timber, structural composite lumber, and wood-nonwood composite materials. In: R.J. Ross, ed. *Wood handbook-Wood as an engineering material*. Centennial edition. General Technical Report FPL-GTR. *Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin*,, 1-28.
- Volcuende, M. O., Parra, C., & Benlloch, J. (2005). Permeabilidad,porosidad y resistencia a la compresión de hormigones autocompactables. *Materiales de construcción*, 17-26.